

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO**

**CATEDRA: PRODUCCION DE OBRAS 2  
TALLER: OCAÑA**

**INFLUENCIA DE LA FORMA Y EMPLAZAMIENTO  
DE LOS EDIFICIOS EN LA ECONOMIA EDILICIA**

Publicación preparada por:  
Jorge Daniel CZAJKOWSKI  
Arquitecto

---

INDICE

1. Introducción .....	2
2. Indicadores formales y de agrupamiento .....	2
2.1. Indice de compacidad -Ic- .....	3
2.2. Factor de compacidad -Fc- .....	4
2.3. Factor de forma -Ff- .....	6
2.4. El agrupamiento como factor de ahorro de energía. Factor de exposición -Fe-..	6
3. Referencias bibliográficas .....	8

---

La Plata, mayo 1991

## 1. Introducción:

La forma de un edificio tiene una gran influencia en los costos de construcción y mantenimiento, sea este estructural o energético.

Entendiendo por costo de construcción a la sumatoria de los costos en la ejecución de un edificio; costo de mantenimiento estructural a los gastos en limpieza, reparación, reposición y pintura; y finalmente el costo de mantenimiento energético al gasto en energía para conservar los niveles de habitabilidad independientemente de las oscilaciones climáticas del exterior durante la vida útil del edificio.

En cuanto a los costos de construcción podemos decir que la participación del costo total del edificio (1) se discrimina en:

- Planos horizontales	30 %
- Planos verticales	40 %
- Instalaciones	25 %
- Otros trabajos preparatorios	5 %

Como podemos ver la mayor incidencia en los costos la tienen los planos verticales sean fachadas, paredes, tabiques, etc. con un 40 % del costo total de construcción. Esto quiere decir que si variamos la forma de las plantas, que en consecuencia hace variar significativamente el perímetro de estas, se producirán incrementos en los costos para igual superficie cubierta.

En la figura 1 podemos ver que en todos los casos las plantas poseen 25 módulos, de 1 m<sup>2</sup> cada uno (superficie= 25 m<sup>2</sup>), pero cuando se apartan del cuadrado el perímetro aumenta.

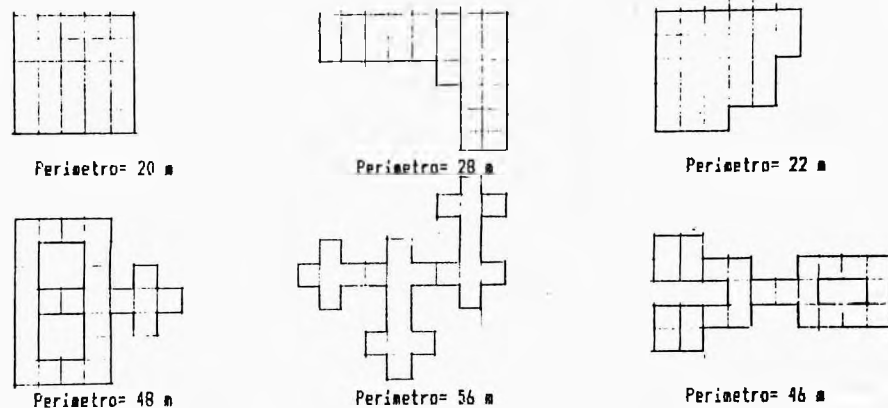


Figura 1: Variación del perímetro, para superficie constante, en función de las formas de plantas.

El incremento en metros de fachada no solo provoca mayores costos de construcción sino que también genera una mayor superficie expuesta, que a modo de aletas de un radiador disipa o capta más calor. Esto provoca un mayor consumo de energía en climatización en invierno y verano.

Mayor área envolvente a superficie habitable constante también incrementa los costos de mantenimiento estructural en limpieza, reparación o pintura de muros y fachadas.

Vemos entonces que podemos hablar de grado de compacidad en función de la forma de los locales y del edificio, y que este grado de compacidad influye en la economía de los mismos. En función de lo expuesto un edificio compacto tendrá:

- menor costo de construcción.
- menores pérdidas o ganancias de calor.
- menores costos de mantenimiento y reposición.

## 2. Indicadores formales y de agrupamiento.

Como hemos visto existe una fuerte relación entre la forma de los edificios y los costos de construcción y mantenimiento. Con este fin se plantean indicadores formales como:

- Ic* - Índice de compacidad.
- Fc* - Factor de compacidad.
- Ff* - Factor de forma.



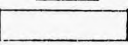
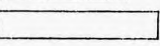
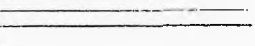

Y también indicadores del grado de agrupamiento de los edificios como:  
*Fe - Factor de exposición.*

Estos indicadores son utilizados en investigaciones sobre economía energética y de la construcción, como así en normas argentinas y extranjeras.

2.1. Indice de compacidad -Ic-: El Ic (2) se define como la relación porcentual que existe entre el perímetro de la envolvente en planta con la que tendría si la planta fuese circular, con la siguiente expresión matemática.

$$Ic = \frac{Pc}{Pp} \times 100 \quad \text{o mejor} \quad Ic = \frac{2 \sqrt{100 \cdot \pi}}{Pp} \times 100$$

En el cuadro 1 se analizan la cantidad de paredes necesarias para envolver diversas formas geométricas de plantas de edificios. En esta se puede observar las relaciones entre el área, el perímetro y los lados de varias figuras con una superficie constante de 100 m<sup>2</sup>.

Forma	Area de planta (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Relaciones	
			$\frac{\text{Perímetro}}{\text{Área}}$	$\frac{\text{Lado mayor}}{\text{Lado menor}}$
Circular 	100	35.44	0.35	-----
Cuadrada 10 m x 10 m 	100	40.00	0.40	1
Rectangular 5 m x 20 m 	100	50.00	0.50	4
4 m x 25 m 	100	58.00	0.58	6.25
2 m x 50 m 	100	104.00	1.04	25
1 m x 100 m 	100	202.00	2.02	100

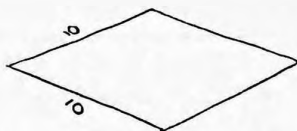
Cuadro 1: Cantidad de paredes necesarias para envolver diversas formas geométricas de plantas de edificios. (Mascaró).

El perímetro que en este caso lo representamos como desarrollo de fachada es creciente a medida que se aparta del círculo. Vemos que para envolver una planta circular necesitamos 0.35 metros lineales de fachada por cada metro cuadrado cubierto y 2.02 metros lineales de fachada por m<sup>2</sup> en una planta de forma rectangular alargada.

Para medir y evaluar con cierta precisión la relación entre perímetro y superficie apelamos al índice de compacidad. Este índice desarrollado por L.Mascaró es correcto para analizar el desarrollo lineal de la envolvente vertical en relación al área del edificio, pero si este posee altura variable o cuenta con más de un nivel su utilidad se hace discutible.

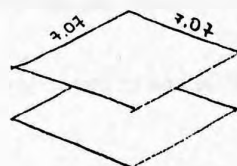
A continuación se realiza un análisis de lo planteado para plantas de edificio de lados y superficie constante (100m<sup>2</sup>) en una, dos, cuatro y ocho plantas (3):

1)

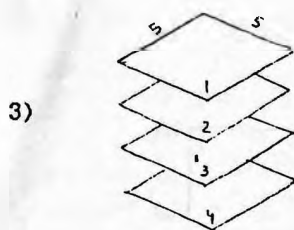


$$Ic = \frac{2 \sqrt{100 \cdot \pi}}{Pp} \times 100 = \frac{3.545}{40} = 88,6$$

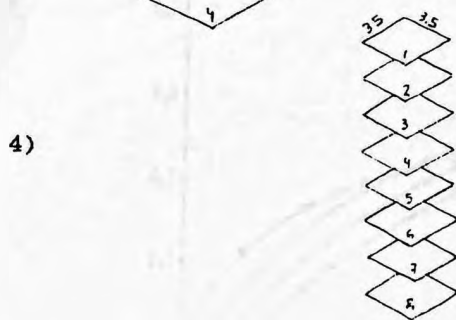
2)



$$Ic = \frac{3.545}{56,56} = 62,7$$



$$I_c = \frac{3.545}{80} = 44,3$$



$$I_c = \frac{3.545}{112} = 31,6$$

Podemos observar que si consideramos una planta de edificio de relación de lados constante (1 m) y superficie constante (100 m<sup>2</sup>) y la comparamos con la compacidad máxima (100 para el círculo), obtenemos que el caso 1 es 11,5% menos compacto, el caso 2 es 37,3% menos compacto y el caso 3 en cuatro niveles es 55,7% menos compacto que el índice máximo.

Cabe la aclaración que para el cálculo del perímetro se consideró la sumatoria de los perímetros de las diversas plantas que componen el edificio.

En este momento es conveniente plantear otra relación que considere la envolvente en forma total o parcial, según sea la necesidad.

2.2. Factor de compacidad -Fc-: Este factor se define como la relación porcentual que existe entre el área habitable y el área envolvente del edificio, sin piso, respecto de una forma de compacidad máxima predefinida. ( Ver Figura 2).

Esta relación, denominada Factor de Compacidad "Fc" (4), responde a la siguiente expresión:

$$F_c = \frac{Co_{proyecto}}{Co_{máximo}} \times 100$$

Donde el Co máximo que debe tomarse como patrón para comparar compacidades es a su vez una función del área habitable y va aumentando con esta. El Co<sub>max</sub> responde a un cilindro con cubierta en forma de cono truncado, según figura, cuya expresión matemática es la siguiente:

$$Co_{max} = \frac{Sh}{Se} = \frac{Sh}{(2.7 r^2 + (4.8 \times (n-1) + 0.65) \times r - 0.196) \times \pi}$$

Donde:

r = √ (Sh/n x π) relación que por razones de iluminación no debe sobrepasar de 7 m).

Sh = área habitable

n = número de pisos

Se = área envolvente (se excluye la sup. de pisos)

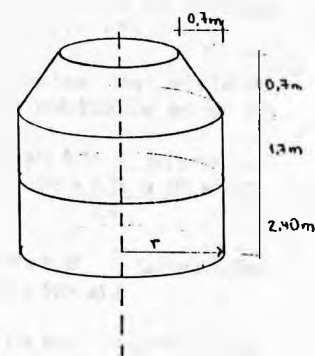


Figura 2: Forma de compacidad máxima. (J.Guerrero)

Con fines prácticos obtendremos los valores de compacidad máxima de la figura 2 que muestra la variación de la compacidad máx. en función del área habitable.

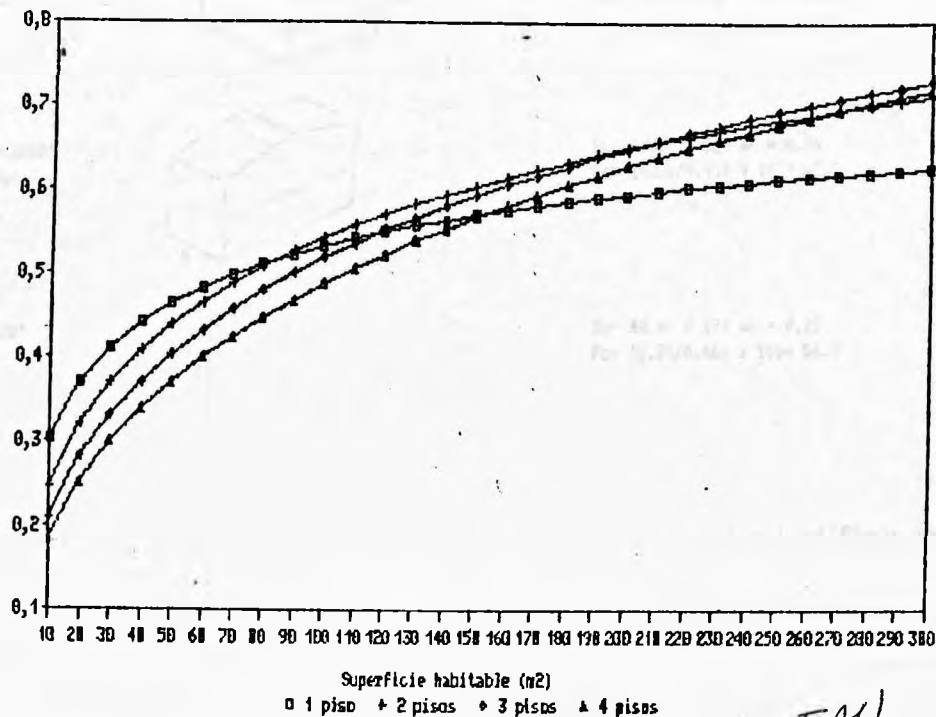


Figura 2: Compacidad máxima según superficie habitable y número de pisos, para altura de local 2.70 m. (3)(1)

El  $C_o$  de proyecto surge de la siguiente relación, que considera el área envolvente como la superficie de muros y techos.

$$C_{\text{proyecto}} = \frac{\text{Área Habitable}}{\text{Área Envolvente}}$$

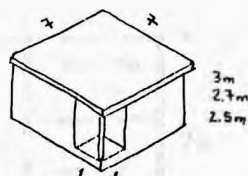
$$C_{\text{proy}} = \frac{A_H}{A_E}$$

O sea que por cada m<sup>2</sup> de superficie cubierta tendremos x m<sup>2</sup> de superficie envolvente; llamando superficie envolvente a los cerramientos verticales y horizontales, sean opacos o transparentes.

Esta relación, así como el Factor de Forma son utilizados habitualmente en estudios térmicos de los edificios (6), tanto en el país como en el extranjero (7).

Se plantea a continuación una serie de ejemplos para casos reales de viviendas unifamiliares, donde mantenemos constante la variable superficie habitable en 48 m<sup>2</sup>.

Casa "CAJON"  
Techo plano  
con altura  
variable  
para:



$$C_o = 48 \text{ m}^2 / 132 \text{ m}^2 = 0.36 \quad (\text{altura} = 3\text{m})$$

$$F_c = \frac{C_o \text{ proy.}}{C_o \text{ máx.}} \times 100 = \frac{0.36}{0.46} \times 100 = 78.3$$

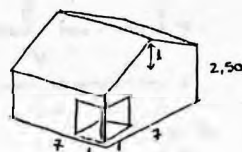
$$C_o = 48 \text{ m}^2 / 124 \text{ m}^2 = 0.39 \quad (\text{altura} = 2.70\text{m})$$

$$F_c = (0.39 / 0.46) \times 100 = 84.8$$

$$C_o = 48 \text{ m}^2 / 118 \text{ m}^2 = 0.41 \quad (\text{altura} = 2.50\text{m})$$

$$F_c = (0.41 / 0.46) \times 100 = 89.1$$

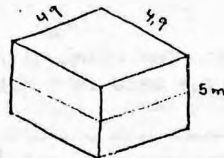
Casa "CAJON"  
Techo 2 aguas



$$C_o = 48 \text{ m}^2 / 128 \text{ m}^2 = 0.37$$

$$F_c = (0.37 / 0.46) \times 100 = 80.4$$

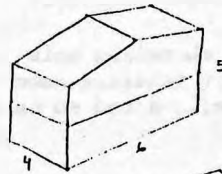
"DUPLEX COMPACTO"  
Techo plano



$$Co = 48 \text{ m}^2 / 122 \text{ m}^2 = 0.39$$

$$Fc = (0.39/0.43) \times 100 = 90.7$$

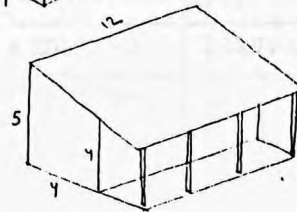
"DUPLEX ALARGADO"  
Techo a 2 aguas.



$$Co = 48 \text{ m}^2 / 132 \text{ m}^2 = 0.36$$

$$Fc = (0.36/0.43) \times 100 = 83.7$$

Casa "CHORIZO"



$$Co = 48 \text{ m}^2 / 194 \text{ m}^2 = 0.25$$

$$Fc = (0.25/0.46) \times 100 = 54.3$$

Del análisis de estos casos, surge que aumenta la compacidad del edificio con la disminución de la altura de locales.

Podemos observar que la menor compacidad corresponde a una casa "CHORIZO" con 4 m de altura de locales y 4 m<sup>2</sup> de superficie envolvente por cada m<sup>2</sup> habitable, mientras que el mayor "Fc" corresponde a una casa "CAJON" de 2.5 m. de alt. de locales y 2.44 m<sup>2</sup> de sup. envolvente por cada m<sup>2</sup> habitable.

2.3. Factor de forma -Ff-: Este factor se define como la relación que existe entre el área envolvente y el volumen que contiene esta área, expresándose matemáticamente de la siguiente forma.

$$Ff = \frac{\text{Área Envolvente}}{\text{Volumen}}$$

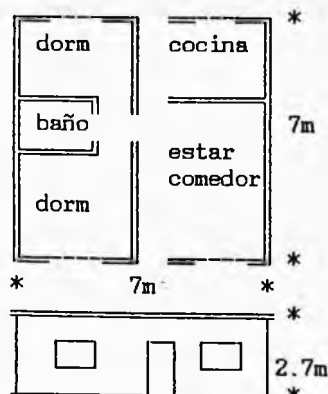
$$Ff = \frac{A E}{Vol}$$

Este factor se utiliza en la evaluación de calidad térmica edilicia de edificios expuestos a distintas condiciones climáticas.

2.4. El agrupamiento como factor de ahorro de energía. El factor de exposición -Fe-:

Entre muchas alternativas de ahorro de energía, una de las mas sencillas se refiere al modo y grado de agrupamiento de unidades de vivienda.

El siguiente ejemplo muestra una unidad de vivienda tipo donde se mantienen constantes las variables dimensionales y tecnológicas, variando solo el grado de exposición al exterior.

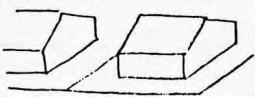
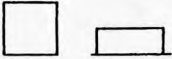
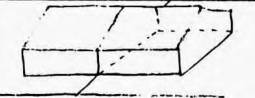
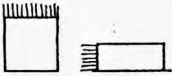
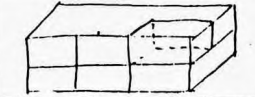
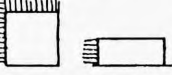

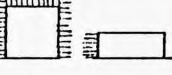
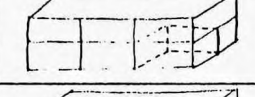
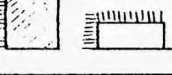
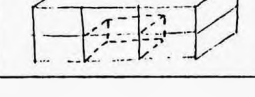
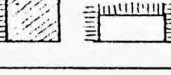


área habitable	49.0 m <sup>2</sup>
volumen	132.3 m <sup>3</sup>
área envolvente	124.6 m <sup>2</sup>
sup. aberturas	6.4 m <sup>2</sup>
K aber	= 5.80 W/m <sup>2</sup> °C
sup. cubierta	49.0 m <sup>2</sup>
K cubi	= 3.82 W/m <sup>2</sup> °C
sup. muros	69.2 m <sup>2</sup>
K mur	= 1.57 W/m <sup>2</sup> °C
piso	28.0 m
K piso	= 1.88 W/m <sup>2</sup> °C
renovaciones de aire	1.5
Factor de forma Ff	0.94
Factor compacidad Fc	85
Indice compacidad Ic	89

El grado de exposición lo definimos con la expresión (1), que es la relación entre el área expuesta al medio y el área envolvente (sin piso).

$$fe = \text{area expuesta} / \text{area envolvente} \quad (1)$$

Este índice tiene un valor máximo de 1 para la unidad totalmente expuesta, que se corresponde con viviendas aisladas y mínimos de 0,15 para departamentos en pisos intermedios de tipologías de media-alta y alta densidad. Una síntesis de esto lo vemos en el cuadro adjunto.

ESQUEMA EDIFICIO	ESQUEMA UNIDAD	fe	G(W/m <sup>2</sup> C)
		1.00	2.8
		0.85	2.6
		0.70	2.5
		0.54	2.3
		0.30	2.5
		0.15	1.8

Cuadro 2: Variación de las pérdidas térmicas en función de la exposición.

Podemos ver que el agrupamiento es una medida de ahorro de energía, pero sin olvidar que según como se asocien las unidades, el edificio generado poseera y provocara tanto efectos beneficiosos como perjudiciales. A las ventajas aparentes se superponen desventajas como la pérdida de la ventilación cruzada, tan útil en climas calido-húmedos, o problemas de asoleamiento según sean las orientaciones resultantes de las unidades. Esto genera falta de insolación en invierno y sobrecalentamientos en verano.

De estos conceptos podemos deducir que a medida que aumentemos los m<sup>2</sup> protegidos o compartidos, disminuirán proporcionalmente las pérdidas de la vivienda. La figura 3 nos permite de modo práctico aunque aproximado inferir en que medida ahorraremos energía en acondicionamiento térmico, recurriendo esta medida de diseño.

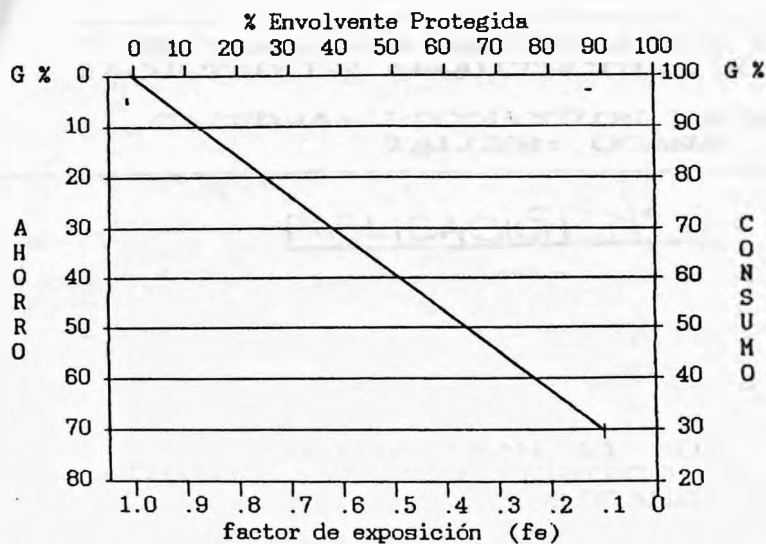


Figura 3: Reducción del consumo de energía en calefacción en función del grado de exposición del local y/o edificio.(\*)

### 3. Referencias bibliográficas:

1. Juan Luis Mascaró, "Variación de los costos de los edificios con las decisiones arquitectónicas", Facultad de Arquitectura y Urbanismo- UNLP, La Plata, 1983.
2. Mascaró, J.L. "Variación de los costos de los edificios con las decisiones arquitectónicas". Buenos Aires 1983.
3. Jorge D. Czajkowski y Silvia Castro "Microeconomía: Racionalización del costo de construcción. Análisis de las formas edilicias en la economía de recursos". Publicación de la Cátedra de Producción de Obras Castro-Ocaña, Nro. AII 2. La Plata 1990.
4. Guerrero, J., Rosenfeld, E. et al. "Conservación de energía - Estudio del consumo energético en viviendas de la zona templada húmeda". IAS-FIPE, La Plata, 1983.
5. Jorge D. Czajkowski "Microeconomía: Racionalización del costo de construcción. ¿Cómo disminuir un 10% el presupuesto?. Segunda parte". Publicación de la Cátedra de Producción de Obras Castro-Ocaña, Nro. 20A. La Plata 1989.
6. Rosenfeld, E. et al. "Audibaires. Plan Piloto para la evaluación energética en viviendas del rea Metropolitana". IAS-FIPE, La Plata, 1987.
7. Normas Españolas para la conservación de energía en edificios. "NBE-CT-79".
8. Jorge D. Czajkowski "Ejercicio para una elección alternativa de estándares térmicos". Publicación de la Cátedra de Producción de Obras Castro-Ocaña, Nro. 22 - 4a. La Plata 1989.